

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-162041

(43)公開日 平成6年(1994)6月10日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 15/21	R	7052-5L		
B 0 1 J 19/00	J	9151-4G		
G 0 5 B 13/02	K	9131-3H		
// B 2 3 Q 41/08		8107-3C		

審査請求 未請求 請求項の数1(全 9 頁)

(21)出願番号 特願平4-318576

(22)出願日 平成4年(1992)11月27日

(71)出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区協浜町1丁目3番18号

(72)発明者 松田 浩一

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号

株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72)発明者 能勢 和夫

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号

株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72)発明者 高井 幸秀

兵庫県神戸市中央区協浜町1丁目3番18号

株式会社神戸製鋼所神戸本社内

(74)代理人 弁理士 本庄 武男

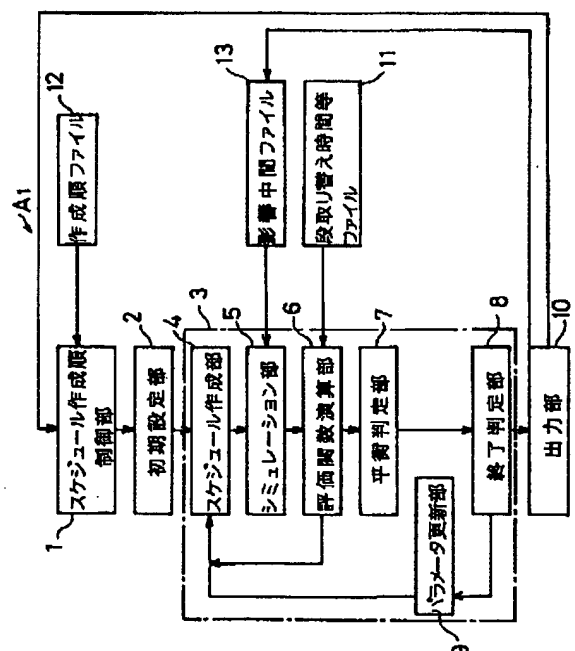
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 稼働スケジュール作成装置

(57)【要約】

【目的】 設備間に相互関係を持つ生産設備にも適用しうる稼働スケジュール作成装置。

【構成】 この装置A1は、製品処理に関する設備間の相互関係に基づいて設定された生産設備毎の稼働スケジュールの作成順を記憶する作成順ファイル12を設け、この作成順ファイル12を参照して稼働スケジュールの作成順にシミュレーテッド・アニーリング法を用いて最適化演算を行うSA演算部3により設備P_iの稼働スケジュールY_iを作成した後、設備P_{i+1}の稼働スケジュールY_{i+1}を作成する前に、稼働スケジュールY_iによって稼働スケジュールY_{i+1}に影響を及ぼすデータD_iを演算により抽出し、このデータD_iを用いて設備P_{i+1}の稼働スケジュールY_{i+1}を作成するように構成されている。上記構成により設備間に相互関係を持つ生産設備にも適用しうる稼働スケジュール作成装置を得ることができる。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の製品に同種の処理を行う2以上の生産設備毎の稼働スケジュールをシミュレーテッド・アニーリング法を用いて作成する稼働スケジュール作成装置において、上記製品処理に関する上記設備間の相互関係に基づいて設定された上記稼働スケジュールの生産設備毎の作成順を記憶する記憶手段を設け、上記記憶手段を参照して上記稼働スケジュールの作成順に、ある設備の稼働スケジュールを作成した後、他の設備の稼働スケジュールを作成する前に上記ある設備の稼働スケジュールによって上記他の設備の稼働スケジュールに影響を及ぼすデータを演算し、該データを用いて上記他の設備の稼働スケジュールを作成してなることを特徴とする稼働スケジュール作成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、稼働スケジュール作成装置に係り、詳しくは複数の製品に同種の処理を行う2以上の生産設備の稼働スケジュールをシミュレーテッド・アニーリング法を用いて作成する稼働スケジュール作成装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図4は本発明の背景となる稼働スケジュール作成方法により作成された稼働スケジュールの一例を示す図表、図5は従来の稼働スケジュール作成装置の一例A0における概略構成を示すシステムブロック図である。従来稼働スケジュール作成方法としては、例えば第31回自動制御連合講演会予稿集（第531ページ～第532ページ、1988年）に「シミュレーテッド・アニーリング法による大規模生産計画の最適化」と題して開示された方法がある。この方法は、4個の窯を用いて6種類の色毎の板ガラスを生産する場合のガラス工場の稼働スケジュールを作成するものである。このようなガラス工場では、窯及び板ガラスの品種により生産効率や生産コストが異なる。従って、どの品種をどの窯でいかなるタイミングで処理するかを示す稼働スケジュールを最適に作成することが、生産効率や生産コストを向上させる上で重要になる。このため、最適化問題の解法として有力であるシミュレーテッド・アニーリング法(Simulated Annealing Algorithm, 以下SAと略す)を用いる。このような稼働スケジュールXaの一例を図4に示す。稼働スケジュールXaにおいて、所定の処理期間AはN個の単位期間i (i=1, 2, ..., N)に均等に分割されている。そして、稼働スケジュールXaは窯j (j=1, 2, 3, 4) 毎に各単位期間iに割当てられる変数 x_{ij} の組合せによりなっている。変数 x_{ij} は生産される板ガラスの品種(色)を示す。この方法によれば、処理期間A内において予め決められた処理量の各品種に基づいて全ての変数 x_{ij} のうち、1組の変数 x_{ij} の品種をそれぞれ組み替えて(スケジュール作成過程

4) スケジュール候補を求め(シミュレーション過程5)、このスケジュール候補を評価するための評価関数を演算する(評価関数演算過程6)。評価関数としては、例えばこのスケジュールに従って板ガラスを生産した場合の生産コスト等が用いられる。このような生産コスト等の評価関数を最小にする稼働スケジュールを以下の通り作成する。即ち、SAにより評価関数の収束演算を行う際に、ある割合でこの評価関数を大きくさせたり又は小さくさせたりするパラメータである収束パラメータの値において、スケジュール候補を演算する毎に評価関数を求め、スケジュール候補の変数 x_{ij} の組合せを変更して(即ち、変数 x_{ij} の内1つをランダムに選び、その変数の値を変えて)次のスケジュール候補を作成し、上記次のスケジュール候補について求めた評価関数と先に求めた評価関数とを比較し、次のスケジュール候補の評価関数が前のものと比べて低い場合は勿論のこと、高い場合であっても一定の条件を満たす場合に、上記次のスケジュール候補を稼働スケジュール決定のために演算対象に組み入れる。

【0003】そして、上記収束パラメータについて演算対象に組み入れられた各スケジュール候補の評価関数が所定条件に達するまで、変数 x_{ij} の組み替え、次のスケジュール候補の作成、評価関数の演算といった演算ループが繰り返される(平衡判定過程7)。そして、評価関数が所定の条件に達したとき、収束パラメータを小さな値に更新して評価関数の収束条件を厳しくし(パラメータ更新過程9)、評価関数の値がそれ以上変化しなくなるまで、収束パラメータの更新及び更新された収束パラメータにおける演算ループが繰り返されて最終的な稼働スケジュールが決定される(終了判定過程8)。従って、この方法によれば、評価関数がある収束パラメータにおける極小解に陥ったままになることがなく、最適な稼働スケジュールを作成することができる。しかし、この方法では、ある品種を処理するときの処理時間が均等な単位時間によって規定されているので、この処理時間に影響する段取り替え時間等の操作上の条件を上記演算された評価関数に反映させることができないという問題があった。そこで、本発明者らは上記問題点を解消するべく稼働スケジュール作成装置A0を開発した(特願平4-134642)。この装置A0は上記方法で例示した窯に限らず複数の製品に同種の処理を行う所謂フローショップ式の生産設備に適用できるものであり、図5に示す如く、スケジュール作成部4とシミュレーション部5と評価関数演算部6と平衡判定部7と終了判定部8とパラメータ更新部9とよりなるSA演算部3と、SA演算部3の演算条件を初期設定する初期設定部2と、SA演算部3により最終的に決定された稼働スケジュールを出力するプリンタ、CRT等からなる出力部10と、段取り替え時間等の操作上の条件を記憶するファイル11とから構成されている。この装置A0によれば上記方法

における各過程の内容を、この装置A0において上記各過程と同一番号を付した各構成要素によりそれぞれ実行し、この時ファイル11に記憶された操作上の条件をSA演算部3により読みこんで、ここで演算される評価関数に反映することができた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の稼働スケジュール作成装置A0では、複数の生産設備を独立と考え、1つの設備の稼働スケジュールは他の設備の稼働スケジュールに影響を及ぼさないとしている。このため、1つの設備の稼働スケジュールが他の設備の稼働スケジュール（例えば生産量など）に影響を与えるといったような設備間に相互関係を持つ生産設備に対しては適用できなかった。本発明は、このような従来の技術における課題を解決するために、稼働スケジュール作成装置を改良し、設備間に相互関係を持つ生産設備に適用しうる稼働スケジュール作成装置を提供することを目的とするものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明は、複数の製品に同種の処理を行う2以上の生産設備毎の稼働スケジュールをシミュレート・アニメーリング法を用いて作成する稼働スケジュール作成装置において、上記製品処理に関する上記設備間の相互関係に基づいて設定された上記稼働スケジュールの生産設備毎の作成順を記憶する記憶手段を設け、上記記憶手段を参照して上記稼働スケジュールの作成順に、ある設備の稼働スケジュールを作成した後、他の設備の稼働スケジュールを作成する前に上記ある設備の稼働スケジュールによって上記他の設備の稼働スケジュールに影響を及ぼすデータを演算し、該データを用いて上記他の設備の稼働スケジュールを作成してなることを特徴とする稼働スケジュール作成装置として構成されている。

【0006】

【作用】本発明によれば、複数の製品に同種の処理を行う2以上の生産設備毎の稼働スケジュールをシミュレート・アニメーリング法を用いて作成するに際し、上記製品処理に関する上記設備間の相互関係に基づいて設定された上記生産設備毎の稼働スケジュールの作成順が記憶手段に記憶される。上記記憶手段を参照して上記稼働スケジュールの作成順に、ある設備の稼働スケジュールを作成した後、他の設備の稼働スケジュールを作成する前に上記ある設備の稼働スケジュールによって上記他の設備の稼働スケジュールに影響を及ぼすデータが演算され、該データを用いて上記他の設備の稼働スケジュールが作成される。従って、ある設備の稼働スケジュールが他の設備の稼働スケジュールに影響を及ぼすような設備間に相互関係を持つ生産設備であってもその全体の稼働スケジュールを最適化することができる。その結果、設備間に相互関係を持つ生産設備にも適用しうる稼働スケ

ジュール作成装置を得ることができる。

【0007】

【実施例】以下添付図面を参照して、本発明を具体化した実施例につき説明し、本発明の理解に供する。尚、以下の実施例は、本発明を具体化した一例であって、本発明の技術的範囲を限定する性格のものではない。ここに、図1は本発明の一実施例に係る稼働スケジュール作成装置A1の概略構成を示すシステムブロック図、図2は生産プランのブロック表現図、図3は同時生産時を示す生産プランのブロック表現図である。また前記図5に示した従来の稼働スケジュール作成装置の一例A0における概略構成を示すシステムブロック図と共通する要素には同一符号を使用する。図1に示す如く、本実施例に係る稼働スケジュール作成装置A1は、スケジュール作成部4とシミュレーション部5と評価関数演算部6と平衡判定部7と終了判定部8とパラメータ更新部9とよりなるSA演算部3と、SA演算部3の演算条件を初期設定する初期設定部2と、SA演算部3により最終的に決定された稼働スケジュールを出力する出力部10と、段取り替え時間等の操作上の条件を記憶するファイル11とを備えている点で従来装置A0と同様である。しかし、本実施例では製品処理に関する設備間の相互関係に基づいて設定された生産設備毎の稼働スケジュールの作成順を記憶する作成順ファイル12（記憶手段に相当）を設け、作成順ファイル12を参照して上記稼働スケジュールの作成順に設備Piの稼働スケジュールYiを作成した後、設備Pi+1の稼働スケジュールYi+1を作成する前に、稼働スケジュールYiによって稼働スケジュールYi+1に影響を及ぼすデータDiを演算により抽出し、このデータDiを用いて設備Pi+1の稼働スケジュールYi+1を作成するように構成されている点で従来装置A0と異なる。また、上記作成順に稼働スケジュールの作成を行うために、そのコントロールを行うスケジュール作成順制御部1と、上記抽出データDiを一旦記憶する影響中間ファイル13が設けられている。この装置A1の符号1～13で示す各構成要素は図示しない制御装置内のメモリに予め格納された動作プログラムにより具現化される手順又はメモリである。この装置A1は上記したように構成されている。尚、製品処理に関する設備間の相互関係とは以下の関係をいう。例えば、ある製品の品種は、2つの設備を同時に使用して生産することが可能であり、同時に使用した方がその品種の生産量を上げることができるものであるとする。但し、この品種が2つの設備を占領するので、本来片方の装置で生産していた品種は生産できない。また、同時生産に使用される設備は、他の設備へ原料も供給しており、同時生産を行っている時は原料供給ができなくなり供給を受けていた設備の生産量が低下することになる。このように設備間で互いに稼働スケジュールに影響を及ぼすような関係をいう。

10

20

30

40

50

【0008】以下、この装置A1の作動について説明する。ここでは、上記相互関係を持つ4つの設備P1、P2、P3、P4からなる生産プラントにおける各設備の1ヶ月の稼働スケジュールの作成を例にとって説明する。まず、準備段階として各設備P1～P4の稼働スケジュールの作成順を手動で設定し、作成順ファイル12に記憶する。その設定方法は例えば同時生産可能品種を生産する設備の内の1つ(P1)の稼働スケジュールY1を作成し、次に同時生産の影響を受ける設備、即ち稼働スケジュールY1によって影響される設備(P2)の稼働スケジュールY2を作成するといったようにして全設備P1～P4の作成順を人間の判断により設定する。無論所定のルールに従って上記スケジュール作成順を自動的に設定してもよい。上記準備段階終了後、スケジュール作成順制御部1は作成順ファイル12を参照して、まず設備P1の稼働スケジュールY1の作成を指示する。そして、設備P1の稼働スケジュールY1の作成段階①に入る。この段階①では、まず初期設定部2により初期パラメータT0を設定する。初期パラメータT0はSAによる収束計算を行うためのパラメータTの初期値であり、最適化したい状態(今回の場合は稼働スケジュールのもととなる下記生産プラン)の変化、即ち遷移をおこすのに十分な値とする必要がある。ここでは、生産プランを以下のような方法でコード化(文字列化)する。図2に示すように、品種A、Bの2種が設備P1、P2の生産対象品種である。この内品種Aは設備P1、P2の同時生産可能品種であり、また品種Bは設備P1、P3の同時生産可能品種である。設備P1、P2での各品種A、Bの1カ月の計画生産量を160t、31*
+W3×生産ショート量

ここで、W1～W3は各項目に対する重み、平準化指数は作成した生産プラン(配列)での日毎の累積生産量と、1ヶ月の生産量を平準化した平準基準プランの累積生産量との差を示すものであり、次の(2)式により求※

$$\text{平準化指数} = \sum a_i | \text{平準計画累積} - \text{作成計画累積} | / \text{総生産量}$$

…(2)

ただし、 a_i は品種ごとの重みである。

表1 平準化指数計算例

	1	2	3	4	5
平準計画(累積)	4(4)	4(8)	4(12)	4(16)	3(19)
作成計画(累積)	15(15)	0(15)	0(15)	0(15)	15(30)
差	(11)	(7)	(3)	(-1)	(11)

評価関数Eの各項目に対する重みW1～W3は、計画作成時の戦略によって変更することが可能である。例えば、生産性を落としても平準化したい場合は、平準化指数に対する重みW1を大きくする。ここで、上記(1)式における段取り替え時間はブロックの並び方に対する段取り時間を定義したファイル11を参照する事により計算できる。平準化指数と生産ショート量は並べられたブロックを影響中間ファイル13を参照してシミュレー

*5t、1日あたりの処理量を16t、15tとする。また、生産を最低1日連続して行うものとする。1カ月の生産計画量を1日あたりの処理量で分割すると、

$$A: 160t = 10 \times 16t$$

$$B: 315t = 21 \times 15t$$

となる。従って、設備P1の1カ月の生産プランは、品種A、Bそれぞれ10、21個(計31個)のブロックの配列X11として表現することができる。SA演算部3のスケジュール作成部4は、この配列X11の近傍SX1(配列X11とただ1つのブロックの位置だけが異なる配列の群)の中からランダムに新しい配列である所謂遷移候補X12を選択し、生成する。このアルゴリズムは例えば2個のブロックをランダムに入れ替えるものである。

【0009】このようにして作成された配列X11(又は遷移候補X12)をシミュレーション部5に入力する。シミュレーション部5はこの入力に基づいて稼働スケジュール候補Y11(又はY12)を作成する。即ち、シミュレーション部5には生産設備のシミュレーションモデルが予め設定されており、このモデルに配列X11(又は遷移候補X12)をあてはめて設備P1によりどの品種をいつ生産するか等を表す稼働スケジュール候補Y11(又はY12)を作成する。図2に示す例では生産日1～31日迄の1ヶ月分のスケジュールとしているためブロック数と生産日数とが一致するが、一致しない場合例えば残りのブロックがある場合はそのブロックは翌月に繰り越しとなる。作成された稼働スケジュール候補Y11(又はY12)の最適性を評価するために評価関数演算部6により以下の評価関数Eを求める。評価関数E=W1×平準化指数+W2×段取り替え時間

…(1)

※めることができる(表1に例を示す)。また、生産ショート量は製作日数の関係から決められた期限をすぎて生産した量である。

★シミュレーション部5にてシミュレーションを行うことにより計算できる。ただし、この段階①では影響中間ファイル13にはデータがはいっていないため生産ショート量はゼロとする。

【0010】そして、配列X11と遷移候補X12間での遷移の前後での評価関数Eの変化Δを計算する。この評価関数Eの変化Δに基づいて平衡判定部7により遷移候補X12を受け入れるか拒絶するかを判定する。このような

遷移をパラメータTにおける平衡条件が達成されるまで繰り返す。平衡条件が達成されれば終了判定部8により終了条件が満足されたと判定されるまで、パラメータ更新部9によりパラメータTを更新する。このようにして除々にパラメータTの値を変えて終了条件が満たされた時、評価関数Eが最小化されて設備P1の最適の稼働スケジュールY1が得られる。図2に示す例では遷移候補X_{1n}の時の稼働スケジュール候補Y_{1n}が稼働スケジュールY1となる。出力部10により稼働スケジュールY1を出力する。稼働スケジュールY1上でどの日に同時生産を行ったかを示すデータD12、D13を演算により抽出し、これらのデータD12、D13を影響中間ファイル13にかきこむ。データD12は例えば品種Aを同時生産するために設備P1、P2が同時稼働する日を示し、またデータD13は品種Bを同時生産するために設備P1、P3が同時稼働する日を示す。上記アルゴリズム中の初期パラメータT0の設定方法、各パラメータTにおける平衡条件の判定条件、パラメータTの更新方法、終了条件の判定条件としては例えば Kirkpatrick, Huang 等の周知のアニーリング・スケジュールが用いられる。次に、設備P2の稼働スケジュールY2の作成段階②に入る。図3に示す如くこの段階②では、上記段階①と同様にして設備P2の配列X₂₁（又は遷移候補X₂₂）及びこれに対応する稼働スケジュール候補Y₂₁（又はY₂₂）を作成し、評価関数Eを求める。ただし、この段階②では影響中間ファイル13に設備P1の稼働スケジュールY1の作成段階①で抽出したデータD12、D13が入っており、この内、設備P1、P2の同時稼働日を示すデータD12を用いてシミュレーション部5によりシミュレーションを行う。即ちこのシミュレーションにおいて、設備P2は同時生産の影響を受け生産量が低下するため配列X₂₁（又は遷移候補X₂₂）を構成するブロックの1つが処理できない。このため処理できない分だけ次の日に繰り越す。また、同時生産の影響で生産が全くできなくなる場合はブロックごと、次の日に繰り越す。このシミュレーション結果に基づいて平準化指数と生産ショート量とを求め、これらをファイル11から読み込んだ段取り替え時間と共に前記（1）式に代入して評価関数Eを求める。この後、上記段階①と同様に繰り返し計算を行い、設備P2の最適の稼働スケジュールY2を得てこれを出力部10から出力する。

【0011】次に、設備P3の稼働スケジュールY3の作成段階③に入る。この段階③では、上記段階②と同様にして稼働スケジュールY3を求めることができる。ただし、この段階③では影響中間ファイル13のデータD12D13の内、設備P1、P3の同時稼働日を示すデータD13を用いる。ここで、品種B、Cを設備P3の生産対象品種とし（この内品種Bは前述の如く設備P1、P3の同時生産品種である）、品種Cを設備P3、

P4の同時生産品種であるとする。この場合、稼働スケジュールY3を出力部10から出力した後、この稼働スケジュールY3上でどの日に同時生産を行ったかを示すデータD34を演算により抽出し、このデータD34を影響中間ファイル13に書き込む。そして、設備P4の稼働スケジュールY4の作成段階④に入る。この段階④では、上記段階③と同様にして稼働スケジュールY4を求めることができる。ただし、この段階④では影響中間ファイル13のデータD34を用いる。以上のようにして相互関係をもつ全設備P1～P4の最適な稼働スケジュールを得ることができる。即ち、この装置A1によれば、ある設備の稼働スケジュールが他の設備の稼働スケジュールに影響を及ぼすような設備間に相互関係を持つ生産設備であってもその全体の稼働スケジュールを最適化することができる。尚、上記実施例では相互関係を持つ設備が4つある生産プラントを例にとりて説明したが、実使用に際してはこの装置A1は相互関係を持つ設備が4つの場合に限らず2以上ある生産プラントに適用可能であり、また設備数が多ければ多い程スケジュール作成時間等SAによる最適化の効果が顕著なものとなる。

【0012】

【発明の効果】本発明に係る稼働スケジュール作成装置は上記したように構成されているため、ある設備の稼働スケジュールが他の設備の稼働スケジュールに影響を及ぼすような設備間に相互関係を持つ生産設備であってもその全体の稼働スケジュールを最適化することができる。その結果、設備間に相互関係を持つ生産設備に適用しうる稼働スケジュール作成装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例に係る稼働スケジュール作成装置A1の概略構成を示すシステムブロック図。

【図2】 生産プランのブロック表現図。

【図3】 同時生産時を示す生産プランのブロック表現図。

【図4】 本発明の背景となる従来の稼働スケジュール作成方法により作成された稼働スケジュールの一例を示す図表。

【図5】 従来の稼働スケジュール作成装置の一例A0における概略構成を示すシステムブロック図。

【符号の説明】

A1…稼働スケジュール作成装置

1…スケジュール作成順制御部

2…初期設定部

4…スケジュール作成部

ン部

6…評価関数演算部

8…終了判定部

部

10…出力部

3…SA演算部

5…シミュレーション部

7…平衡判定部

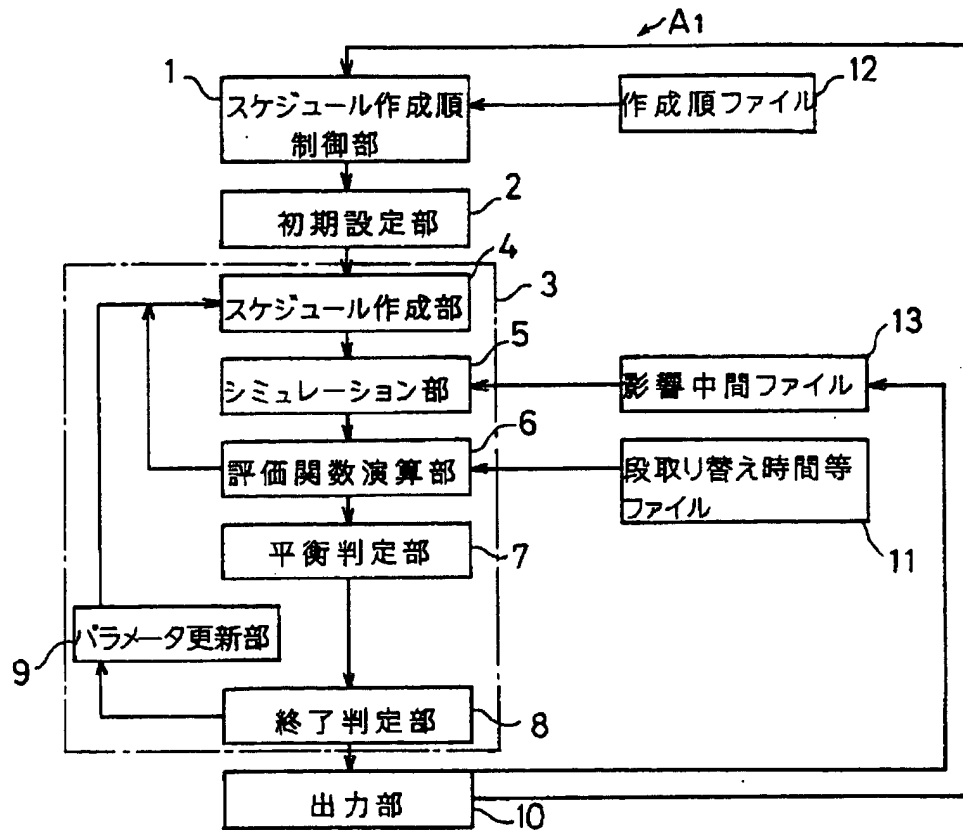
9…パラメータ更新部

11…ファイル

9
12...作成順ファイル (記憶手段に相当)

10
13...影響中間ファイル

【図1】



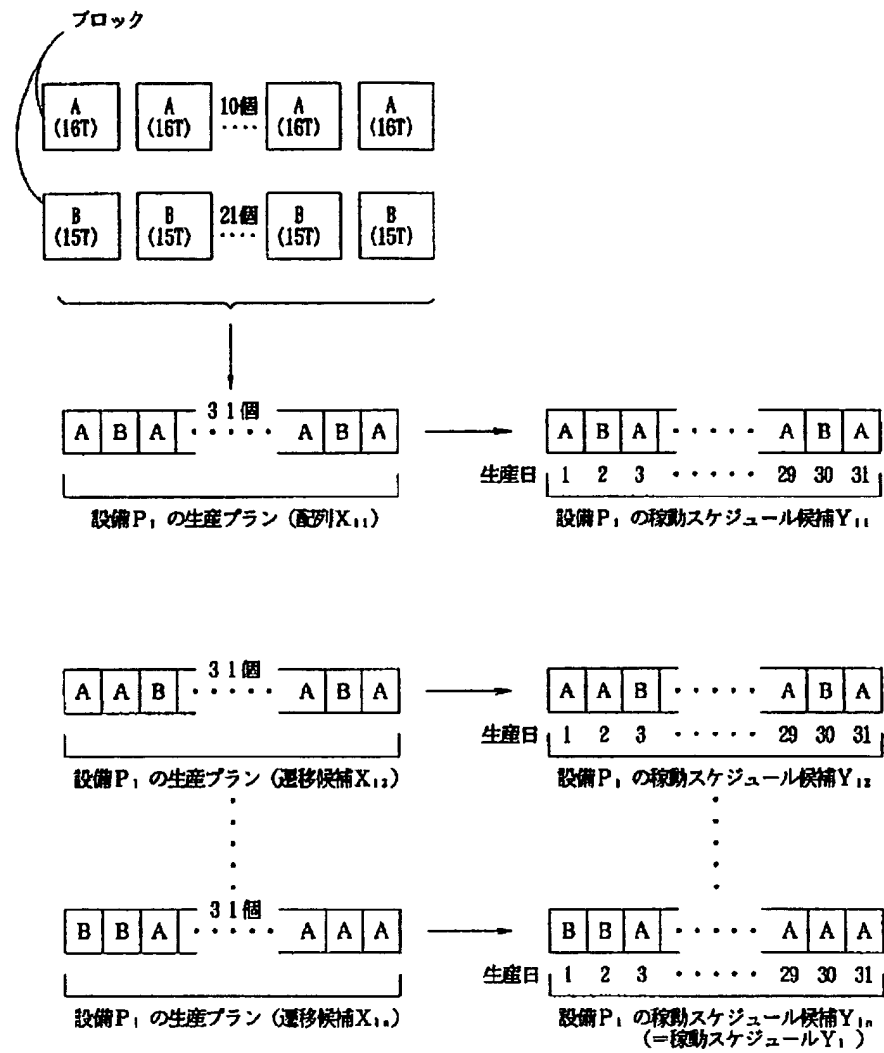
【図4】

X_a

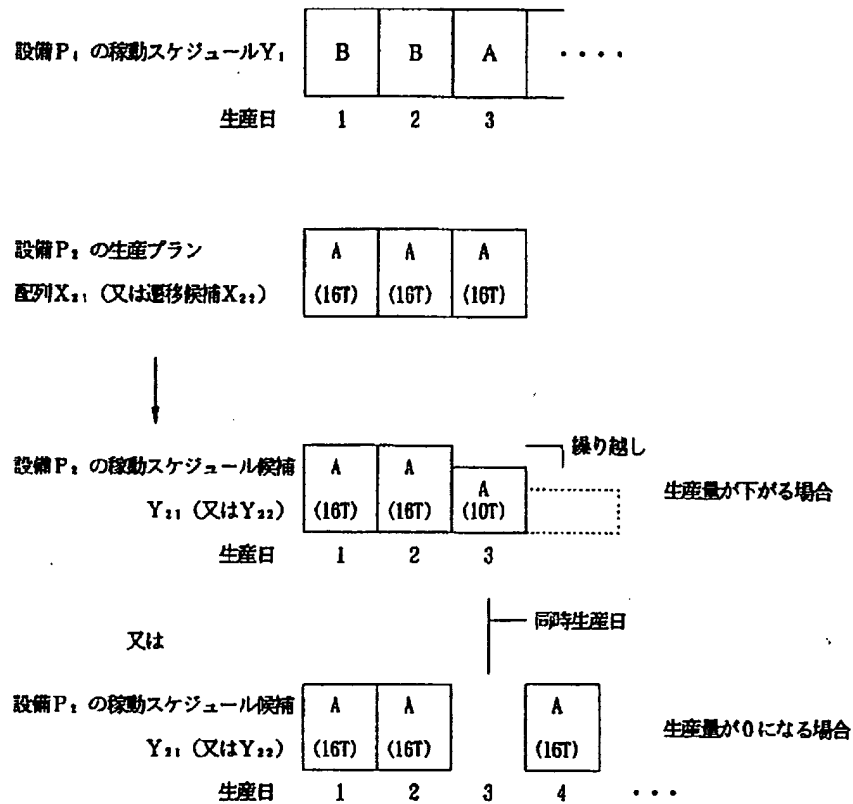
	1	2	3	...	N
1	X_{11}	X_{21}	X_{31}	...	X_{N1}
2	X_{12}	X_{22}	X_{32}	...	X_{N2}
3	X_{13}	X_{23}	X_{33}	...	X_{N3}
4	X_{14}	X_{24}	X_{34}	...	X_{N4}

A

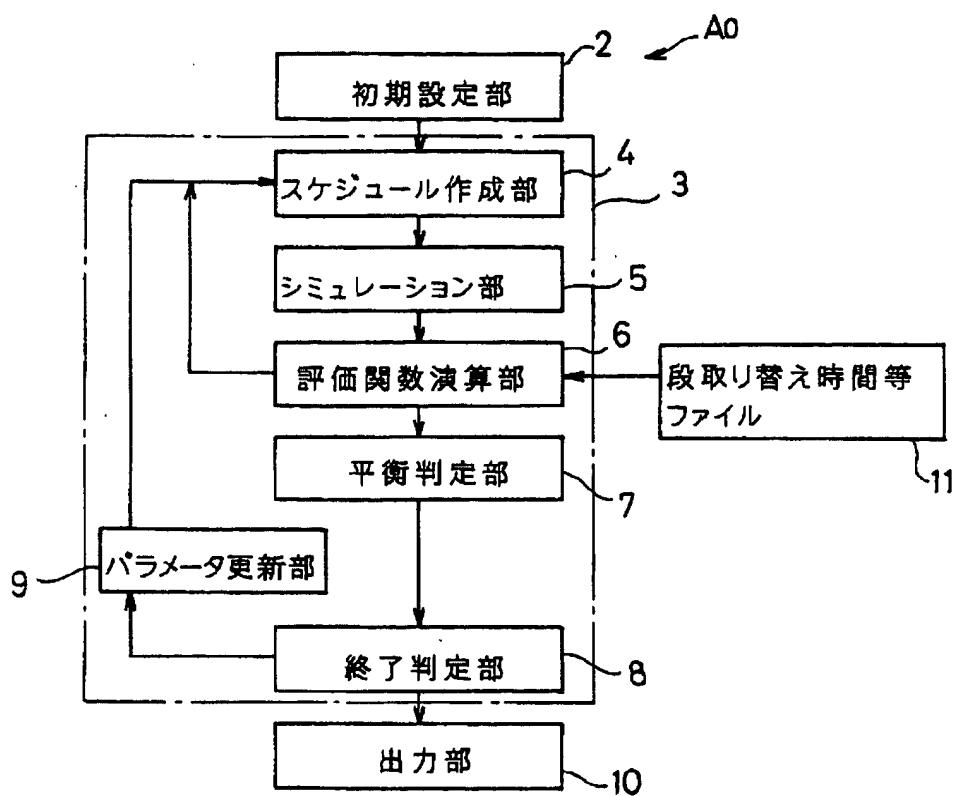
【図2】



【図3】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 角南 武夫
山口県下関市長府港町14番地1号 株式会
社神戸製鋼所長府製造所内

(72)発明者 鎌田 邦夫
山口県下関市長府港町14番地1号 株式会
社神戸製鋼所長府製造所内

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images problems checked, please do not report the problems to the IFW Image Problem Mailbox